



TITLE:

# 低層部剛性を低下させた高層鉄筋 コンクリート造建物に対する連層 壁とダンパーの制振システム( Abstract\_要旨)

AUTHOR(S):

谷, 翼

---

CITATION:

谷, 翼. 低層部剛性を低下させた高層鉄筋コンクリート造建物に対する  
連層壁とダンパーの制振システム. 京都大学, 2018, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2018-03-26

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21063>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	谷 翼
論文題目	低層部剛性を低下させた高層鉄筋コンクリート造建物に対する連層壁とダンパーの制振システム		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>1995 年の兵庫県南部地震、2011 年の東北地方太平洋沖地震、2016 年の熊本地震など、建物に多大な被害を与える内陸直下型および海溝型の大地震が近年多数発生している。幅広い特性の地震動に対して建物の応答を高い信頼性のもとで低減するには、免震や制振などの新しい構造システムを導入する必要がある。本論文では、このような要請に応えるために、低層部剛性を低下させた高層鉄筋コンクリート造建物に組み込むための連層壁とダンパーから構成される新しい制振構造システムを提案している。各章の要旨を以下に示す。</p> <p>第 1 章「序論」では、本研究の背景と目的について述べた後に、既往の研究の調査を行い、本論文との関係について論じている。さらに、本論文の構成と概要を示している。</p> <p>第 2 章では、積層ゴムを回転支承として用いた連層壁脚部の性能を明らかにするため、積層ゴム径、回転角、面圧をパラメーターとした回転変形試験と、積層ゴムの浮き上がりを想定した離間着座試験を行い、有限要素解析を用いた解析により、回転支承に適したフランジ形状の検討を行っている。積層ゴムの試験により、回転方向への多数回の繰り返し载荷に対し、ゴム径・面圧に依る回転剛性の変化は小さいことと、同時に水平剛性、鉛直剛性の変化も小さく、試験後も出荷時の製品の許容ばらつき内に納まることを確認している。最終的には、最大回転角 <math>1/33\text{rad}</math> でも破断に至らず、弾性的な安定した挙動を示すことを確認している。また、全圧縮状態ではゴム部分のみ変形するが、回転角が増大しゴムに引張力が生じると下フランジが浮き上がり、以降は回転変形の大部分を浮き上がり変位が占めることを明らかにした。下フランジを基礎コンクリートと緊結しないことにより、積層ゴムに生じる引張ひずみを大幅に低減できることを確認している。さらに、積層ゴムを一次元非線形ばね、連結鋼板およびフランジを平面要素、基礎コンクリートを三次元要素にモデル化することで、実験における回転剛性および各部の変形を精度よく表現可能であることを明らかにしている。</p> <p>第 3 章では、提案制振システムの連層壁とオイルダンパーとの接合部を対象とした多数回の繰返し加力実験を行い、接合部の剛性及び耐久性能を確認した上で、ひび割れ発生位置をあらかじめ想定した有限要素解析により、载荷力の増加に伴う剛性低下や鉄筋のひずみが追跡可能であることを明らかにしている。加力実験により、(1)ダンパー取付け位置の節点間変位に対する接合部の変形が占める割合は 2%程度であり、ダンパーのエネルギー吸収性能に与える影響は小さいこと、(2)プレストレスを導入することでひび割れや剛性低下を抑えることが可能であり、プレストレスを導入しない場合においても本実験による接合方法は長周期長時間地震動による多数回の繰返し加力に対して十分な耐久性能を有していること、(3)ひび割れ発生位置をあらかじめ想定した簡易な有限要素解析により、標準試験体の水平剛性、鉄筋のひずみを精度よく表現可能であることを明らかにしている。</p> <p>第 4 章では、提案制振システムを有する高層建物の地震時挙動を明らかにするために、多質点モデルを用いた固有値解析と伝達関数解析を実施した上で、パルスのな地震動に対しては連続体モデ</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	谷 翼
<p>ルを、長周期地震動に対しては2質点モデルを導入した解析を行い、提案制振システムは高層建物の種々の地震動に対する変位応答を有効に低減可能であることを明らかにしている。具体的には、以下の点を明らかにしている。(1)1次モードに共振する正弦波パルスに対する応答は1次モードが支配的となり、変形角の偏りが無い直線的な1次モード形状を有する系において最小となる。従って、変形角の大きい層にダンパーを集約配置するよりも、剛性を調整してモード形状を変化させる方が効果的である。(2)2次モードに共振する正弦波パルスに対しても、建物低層部では1次モードが支配的となる。連層壁高さが高いほど1次と2次の周期差が大きくなり、1次モードが励起されにくくなることで低層部の応答は小さくなる。連層壁高さに応じて低層部剛性を低下させることで、応答を最小化できる。(3)1次モードの共振調和地動に対する定常応答（上部架構の変形角）は、低層部剛性を低下させるほど小さくなる。ただし、付加減衰量が極端に小さい場合には一部で変形角が増大する範囲がある。(4)連層壁が変形角を均一化することで変形を抑制するため、連層壁高さが高いほど低層部の2次モードの励起は低下する。そのため、ダンパーを低層部に集約配置すると、2次の減衰定数は剛性比例配置に比べて小さく、低層部剛性を小さくしても増大しない。(5)低層部剛性を低下させ、連層壁によりダンパー変位を増幅させることで、1次モードに共振する正弦波パルスに対する応答を剛性低下前より増大させず、1次モードの共振調和地動に対する応答を低減可能である。(6)共振正弦波パルスに対して、非減衰の固有モードを用いた推定を行っても、応答を精度よく表現できる。ただし、高次モードの影響が大きくなる場合には精度が低下する。(7)共振調和地動に対して、等価2自由度系モデルによる置換を行っても、応答を精度よく表現できる。</p> <p>第5章では、提案制振システムの応答低減特性を明らかにするために、実際の建物を模擬した6層の縮小モデルを用いた振動台実験を行い、提案制振システムは、種々の地震動に対する変位応答を有効に低減可能であることを明らかにしている。振動台実験では、層方向にはほぼ様な層間変形を生じるモデルの層間にオイルダンパーを設置した場合と、低層部の剛性を低減して前者と同じダンパー容量を有する提案制振ダンパーシステムを低層部に設置した場合について比較検討し、提案制振ダンパーシステムを低層部に設置したモデルは、前者のモデルに対して有効にモデルの層間変形を低減可能であることを明らかにしている。</p> <p>第6章では、提案制振システムの実用性を検討するために、提案制振システムを組み込んだ3次元の立体骨組による詳細モデルを用いて、代表的な記録地震波に対する地震時応答特性を明らかにしている。層間に作用するダンパーを組み込んだ制振建物に比べ、提案建物は少ないダンパー台数でも同等の応答低減効果を有していることや、連層壁を組み込んだ低層部の剛性を低下させるには、梁断面を調整することで対応が可能であることを明らかにしている。また、連層壁に生じるせん断力や押さえ梁に生じるせん断力についても詳細な検討を行い、提案制振システムは実用的にも問題がないことを確認している。</p> <p>第7章「結論」では、本論文で得られた成果を要約し、今後の課題を述べている。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、幅広い特性の地震動に対して建物の応答を高い信頼性のもとで低減するために、低層部剛性を低下させた高層鉄筋コンクリート造建物に組み込むための連層壁とダンパーから構成される新しい制振構造システムを提案したものである。得られた主な成果は次の通りである。

1. 積層ゴムを回転支承として用いた連層壁脚部の性能を明らかにするため、積層ゴム径、回転角、面圧をパラメータとした回転変形試験と、積層ゴムの浮き上がりを想定した離間着座試験を行った。さらに、有限要素解析を用いて、回転支承に適したフランジ形状の検証を行った。その結果、積層ゴムは連層壁の回転支承として十分な構造特性を有することを明らかにした。
2. 提案制振システムの連層壁とオイルダンパーとの接合部を対象とした多数回の繰返し加力実験を行い、接合部の剛性及び耐久性能を確認した。また、ひび割れ発生位置をあらかじめ想定した有限要素解析により、載荷力の増加に伴う剛性低下や鉄筋のひずみが追跡可能であることを明らかにした。この結果に基づき、十分な剛性と耐久性を有する合理的な接合部配筋を行うことが可能となった。
3. 提案制振システムを有する高層建物の地震時挙動を明らかにするために、多質点モデルを用いた固有値解析と伝達関数解析を実施した。さらに、パルス的な地震動に対しては連続体モデルを、長周期地震動に対しては2質点モデルを導入した解析を行い、提案制振システムはパルス的な地震動や長周期地震動などの種々の地震動に対する高層建物の変位応答を有効に低減可能であることを明らかにした。
4. 提案制振システムの応答低減特性を明らかにするために、実際の建物を模擬した6層の縮小モデルを用いた振動台実験を行った。その結果、提案制振システムは、種々の地震動に対する変位応答を有効に低減可能であることを明らかにした。
5. 提案制振システムの実用性を検討するために、提案制振システムを組み込んだ3次元の立体骨組による詳細モデルを用いて、代表的な記録地震波に対する地震時応答特性を明らかにしている。その結果、連層壁に生じるせん断力や押さえ梁に生じるせん断力等についての解析結果から、提案制振システムは実用的にも問題がないことを確認している。

以上の内容を要約すると、本論文は、種々の幅広い特性を有する地震動にも対応可能な低層部剛性を低下させた高層鉄筋コンクリート造建物に組み込むための連層壁とダンパーから構成される新しい制振構造システムを提案したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年1月5日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。